

*Шахматова Ю.Д., Гетманцева В.В., Андреева Е.Г.*

## **СОЗДАНИЕ ЖЕНСКОГО ПЛАТЬЯ МЕТОДОМ ВИРТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

*Аннотация.* Одним из перспективных направлений в швейной индустрии является использование аддитивных технологий, в том числе виртуальное проектирование. Данная технология активно развивается и широко применяется в последнее время в области прототипирования изделий в различных отраслях. Для изучения характерных особенностей процесса проектирования одежды с использованием 3D технологии осуществлена разработка дизайн-проекта женского платья и проанализированы этапы создания изделия путем 3D-печати.

*Ключевые слова:* виртуальный, дизайн, одежда, инновации, методика.

*Abstract.* From the initial concept to the final product the design and manufacture process of a clothing item is never quick. In order to reduce the time it takes to produce a clothing item we can take advantage of the latest technologies such as 3D-printing which allows using new materials in this industry. As a part of this project we are developing a way to adapt 3D-printing to the process of clothing manufacturing with the end go of introduction of 3D-printing to clothing manufacturing.

*Keywords:* virtual, design, clothes, innovation, method.

### **Введение**

Процесс проектирования конструкций одежды является весьма затратным и трудоемким и требует неоднократного изготовления макетов и образцов проектируемых изделий для отработки их на показатели качества и обсуждения на художественных советах предприятия, что не позволяет осуществлять сквозное автоматизированное проектирование [1]. Причиной этого является сложность объекта проектирования, обусловленная как минимум следующими факторами: необходимостью рассматривать объект проектирования в системе с фигурой, быстрой сменяемостью моды и чрезвычайно большим разнообразием швейных материалов с различными свойствами, большой долей работ творческого характера, достаточно низким организационным и инженерно-техническим уровнем швейных предприятий и др [2].

Рассмотренные особенности автоматизированных систем отечественного и зарубежного производства, применяемых в швейной отрасли, способны решать различные задачи в проектировании швейных изделий, что показывает современный уровень САПР швейных изделий.

Первые шаги САПР одежды были связаны с автоматизацией труда конструктора. Современные САПР уже достаточно давно успешно реализуют не только процедуры конструирования швейных изделий, такие как проектирование базовой конструкции (БК) по размерным признакам; конструктивное моделирование чертежа БК; оформление лекал деталей изделия; градация лекал деталей одежды; создание раскладок лекал деталей, в том числе на ткани со сложным раппортом; оформление текстовой, конструкторской документации, но и процедуры художественного и технологического проектирования [3]. Большинство современных САПР включают в свой состав модули (подсистемы), решающие задачи художника, такие как проектирование технического и художественного эскиза, подбор цветового решения модели и др., а также задачи технолога: формирование технологической документации, расчет расхода материалов и затрат времени и т.д. Разработчиками ведутся активные поиски путей проектирования конструкций одежды с использованием трехмерного виртуального пространства [4].

Целью работы является апробация новых способов применения аддитивных технологий в конструировании.

Процесс создания одежды представляет собой достаточно долгий путь от идеи до готового изделия. Чтобы сократить время производства изделий целесообразно использовать новые технологии и новейшие инновационные материалы в швейной индустрии, в этом и проявляется актуальность данного исследования.

План работы:

- изучить принципы проектирования и классификацию САПР;
- проанализировать возможность создания изделий в трехмерном пространстве;
- рассмотреть процесс моделирования одежды в виртуальной среде;
- проанализировать этапы создания изделий путем 3D-печати;
- описать последовательность метода проектирования изделий в трехмерном пространстве;
- разработать дизайн-проект изделия для апробации метода.

Преимуществом способа виртуального конструирования одежды является формализация творческого этапа работы дизайнера и сокращение материалоемкости этапа примерки макетов изделий.

Глубокое и детальное изучение параметров системы проектирования и изготовления одежды способствует повышению достоверности

прогнозирования проектного результата и соответственно качества готового изделия и позволяет улучшить качество автоматизации процесса проектирования швейных изделий [5].

Одним из перспективных направлений в швейной индустрии является использование 3D технологий, в том числе 3D-печать. Данная технология активно развивается и широко применяется в последнее время в области прототипирования изделий в различных отраслях.

Специфика формирования виртуального трехмерного образа модели рассмотрена в ряде работ по исследованию метода виртуального проектирования моделей одежды.

Метод представляет собой процесс поэтапного преобразования 3D формы изделия «базовая форма – исходная форма – модельная форма».

В компьютерной среде для графического дизайна используются специальные графические средства, ориентированные для целей виртуального проектирования одежды и методы интеллектуализации для принятия решений творческого характера. Однако данный метод не позволяет создавать готовое изделие для вывода на 3D печать.

Поэтому необходим новый способ, который бы учитывал всю специфику процесса проектирования изготовления женской одежды.

### **Образцы и методика эксперимента**

В швейной промышленности для оптимизации технологического процесса необходимо изучение виртуального проектирования, которое состоит из глубины ширины высоты и позволяет моделировать искусственной оболочки привычного для нас костюма, а также макро и микро природных элементов. При наличии условий функционирования среды формообразование природных структур возможен анализ принципов виртуального проектирования.

При построении виртуальных моделей необходимо учитывать схожие условия описания и построения объемных объектов, зная специфику и разнообразие программ по 3D проектированию. Так в чем же заключается их различия? Как правило, это отличающийся интерфейс и особенно строение программы, которая позволяет реализовывать возможности функционального назначения.

Для этого необходимо рассмотреть процесс создания виртуальных моделей поверхностей искусственных и формирующих природных элементов. Поэтому предлагается обратить внимание на методы трёхмерного

моделирования, которая основывается на многоугольных ячейках в виде сеток, неоднородных рациональных сплайнов и принципах построения кривых Безье.

Так, принцип моделирования в виде сплайнов представляется возможным при проектировании различных оболочек, структура которых будет осуществляться за счёт интерфейса и таких функций как построение сечений по опорным точкам, путем выдавливания и вырезания элементов непосредственно на самом профиле. В этом случае создаются шаблоны простых форм, представляющие собой оболочки. Роль построения предметов костюма могут выполнять сплайны, которые предусматривают, в первую очередь, геометрические модели, также выражаются в окружностях или же простых линиях.

Для создания объектов поверхности, которых плоские применим моделирование на основе прямоугольников сетчатые структуры, который, в свою очередь, как может показаться, ограничивает построение оболочек трёхмерного вида. В том числе построить модель-форму аналога костюма или основу-модель человека в упрощённом варианте возможно путём создания геометрических структур на основе многоугольных ячеек в виде сеток.

Трёхмерные объекты, формирующиеся из нескольких многоугольников можно получать при моделирование на основе сеток. В итоге образуются оболочки этих объектов за счёт объединения, что приводит к созданию сетчатых оболочек на основе простых трехмерных объектов, которые формируют оболочку объектом упрощенной структуры, преобразовывая и объединяя природную модификацию.

Процесс формирования сплайнов в объекты трёхмерного моделирования оболочки структурных форм природы костюма автоматически получается при выдавливании сплайнов построенных по опорным сечениям, которые представляют собой сетку в виде многоугольников. Таким образом, целесообразнее создавать простые объекты формы параллелепипедов или сферы в случае моделирования на основе сеток с полигональными ячейками оболочек природных форм, объединяя и модифицируя их последствия образовывать в результате структуры оболочек трёхмерного костюма как базовые.

При моделировании оболочек живой природы костюма возможно использование метода проектирования поверхности Безье для точного управления привязной поверхности формы будущих изделий.

Такие объекты могут быть представлены в виде фигуры человека, в особенности его костюма, как искусственной оболочки, имеющей свойства морфологического характера.

Для проектирования сложно-искривленных форм оболочек, которые представлены в живой природе, а также для адаптации морфологии костюма в полученных структурах, возможно использование рациональных В-сплайнов при неоднородном проектировании. Данный метод является наиболее точным при моделировании сложных форм поверхности, имея свои положительные возможности.

При работе с неоднородными поверхностями, для плавного перехода из формы элементов, можно пользоваться несколькими методами моделирования, которые основываются на создании сплайнов и поверхности их основы. С помощью кривых и созданных на их основе поверхностей, возможно создание оболочек объектов бионического формообразования, для эффективных средств редактирования.

Создание формы оптимального типа необходимо для сбалансированного сопряжения пластических деталей и их организации на структурном уровне, что приводит к созданию объектов моделирования природы и костюма.

С помощью модификаций программ по 3D моделированию, возможна разработка технологий изменения форм природы и костюма в аналогичной среде функциональных трансформаций оболочек.

При наличии широкого спектра функций присвоение модификаторов программ устанавливается посредством специальных задач. Такие программы позволяют использовать инструментарий для деформации взамен непосредственного изменения элементов структуры. Эти инструменты работают по принципу зависимости от результата предшествующего каждого из них. Стек модификаторов используется для сохранения истории создания изменение объектов моделирования. Что позволяет менять настройки и параметры при выборе любого уровня редактирования модификаторах программ.

Построенные с помощью программ трёхмерного моделирования искусственные и природные оболочки могут отличаться от предполагаемого результата, что отрицательно сказывается на качестве готового продукта. В таком случае правильные формы изменяется специально для получения возможности отождествления полученной оболочки с органическим происхождением. Также, для передачи свойств предполагаемого материала

продукта, возможно использование зашумления, чтобы изобразить поверхностный слой формы костюма.

В результате мы получаем костюм, который имеет идею, смысл, а объект изображает структурное образование, поэтому можно считать, что это приводит к опредмечиванию природы в целом. Так, человек формирует элементы второй природы осуждения с позиции человеческого опыта, включает в себя проектную деятельность, внедрение в промышленное производство для массового потребления результата этой структуры.

С развитием трехмерных компьютерных технологий в состав САПР швейных изделий также стали включаться 3D-модули различного характера и назначения. Некоторые системы реализуют процесс трехмерного проектирования конструкции изделия с последующей разверткой «i-Designer», «СТАПРИМ», однако большинство современных САПР предлагает выполнение виртуальной примерки с оценкой цветового решения используемого материала.

Качественные и количественные изменения природных форм и костюма, связанны с причинами изменения микросистем, что подразумевает под собой морфокинетическое развитие, и макроструктур, которые указывают среду функционирования. Система взаимодействия оболочки и формы среды жизнедеятельности формирует свойство искусственных изменений.

Принцип взаимодействия человека и ЭВМ в процессе проектирования основан на сочетании знаний, опыта и интуиции человека с быстродействием технических средств. Формализация многих этапов проектирования вызывает затруднения, так как невозможно полностью исключить неформализуемые подходы (действия), характерные для проектировщика. Многие виды задач решаются человеком значительно быстрее и эффективнее. Поэтому активное взаимодействие человека и ЭВМ является одним из основных принципов построения и эксплуатации САПР.

Программа 3D MAX Studio допускает изменение параметров воспроизведения объектов, а также редактирование природных форм за счет модификаторов и преобразований системы.

Метод изменения изначальной структуры объекта геометрической модели называется модификацией. Применение модификаторов программ создает бионическую модель, которая с учётом строения фигуры человека, является производной от естественной морфологии формы природы.

Изменяющая внешний вид, а именно размер, положение оси координат и разворот, это операция преобразования объекта.

Воспроизвести неоднородную систему структуры природных оболочек и костюма можно с помощью модификаторов программы 3D MAX, которые основаны на инструментах интерфейса для трансформации форм:

- сжатие;
- растяжение;
- отражение;
- изгиб;
- закрутка;
- давление;
- сдвиг;
- заострение.

Инструмент «Изгиб» меняет форму относительно заданной первоначальной оси координат. Также можно поменять форму, изменив значение в счетчике «Угол». Эффект от данного инструментария увеличивается вдоль оси координат, которая выбрана ранее. А от количества сегментов зависит будущая форма оболочки объекта, которая подвергается трансформации.

За счет увеличения числа сегментов возможно приумножение «Кривизна» формы исследуемого объекта. Частью элемента костюма ограничивается область применения инструментария.

Сужение одного из концов объекта вызывают модификатор «Заострение». Преобразование данной модификации производится относительно оси Z по умолчанию, однако возможно производить преобразования, как самой оси, так и оси заострения, которая располагается перпендикулярно плоскости первоначальной координатной оси. Путем изменения значения счётчика «Кривизна» возможно добавление её к оси, стоящей в первоочередном уровне. Данный инструмент позволяет создавать выпуклые и вогнутые формы в зависимости от значения, положительного или отрицательного.

Поворот верхних точек оболочки относительно заданной оси вызывает команда «Скрутка», а поворот по часовой стрелке координат возможен, положительно изменив значение угла.

Относительно выбранной оси координат смещение от эффекта скручивания объекта показывает значение счетчика «Смещение». Положение скрученных участков зависит от значения, если оно положительное, то происходит концентрация в верхней половине, а если значение отрицательное,

то эффект сводится к бесконечности, что приводит его положение за границу оболочки.

Увеличение или уменьшение сечения вдоль оси координат, при постоянном объёме, производит модификатор «Растяжение». В зависимости от воздействия модификатора определяется эффект инструментов «Растяжение» и «Усиление». В таком разделе, как ось растяжения, размер масштабирования в направлении выбранной координатной оси, указывается счётчиком «Растяжение». Для сохранения постоянного объема применяется масштабирование в обратную сторону. Изменить масштаб сечения относительно настроенных осей возможно с применением счётчика «Усиление», что позволяет изменить объем оболочки, а именно для получения дополнительного пространства с целью свободного облегания.

Относительно заданной координатной системы происходит преобразование опорных точек вершин за счёт инструмента «Сжатие», добавление же выпуклости по оси, приводит к увеличению эффекта сжатия.

При сохранении объема полученной оболочки изменить параметры выпуклости по оси и радиального сжатия позволяет функция «Смещение», которая находится в разделе эффекта баланса.

Действие эффектов сжатия и выпуклости одновременно изменяется при увеличении или уменьшении показаний пункта объём. При недостаточном разделении оболочки на сегменты по вертикальной оси модификатор «Изгиб» производит аналогичный эффект что и «Сдвиг». Они производят перегруппировку на величину, указанную счётчики значение. Это приводит к скошенной форме, что отвечает модификации контейнера. Вращением направления вокруг преобразованной координатной оси возможно изменение значения счётчика «Направление».

Создание коллекции моделей одежды всегда начинается с выбора творческого источника, от которой зависит образ будущих изделий. От этого этапа зависит успех коллекции.

Следовательно, дизайнеру требуется вполне осознанное обращение к предметам и явлениям окружающей его действительности, наблюдение и изучение, анализ и отбор исходного материала для дальнейшей творческой работы.

Осознание целенаправленное обращение к творческому источнику может иметь место как при определении формы будущего костюма, так и выборе фактуры и цвета.



Творческая работа по созданию нового типа костюма на основании уже избранного конкретного источника, как правило, включает несколько этапов:

- вычленение из цельного образа предмета каких-либо его свойств;
- соединение вычлененных свойств;
- усиление или ослабление свойств или качеств;
- перенос этих свойств или качеств на объект творчества.

Предпосылкой к творческой работе является взаимодействие художника с окружающим его миром. И чем многообразнее это взаимодействие, тем больше стимула для движения мысли, шире возможность ассоциативной работы мозга.

Для поиска творческого источника нужен особый взгляд на разные природные и материальные объекты, способность воспроизводить воспринятое содержание предметов, понятий, мыслей с живостью и яркостью.

Вдохновить художника на создание новых костюмных форм может любое явление и предмет окружающего мира. Творческими источниками для проектирования костюма могут быть явления природы, события общественной жизни, художественные произведения литературы и искусства, исторические, народные и национальные костюмы, музыка, хореография и т.п. Часто источниками становятся произведения архитектуры, инженерные сооружения, предметы материальной культуры и декоративно-прикладного искусства (металл, керамика, стекло, дерево, пластик).

За основу в качестве творческого источника для разработки коллекции возникла идея рассмотреть изображения предполагаемых для использования материалов при увеличении под микроскопом. Такой подход отражает изделие изнутри, ведь именно от состава и строения во много зависят свойства и назначение материала.

Отталкиваясь от данной идеи, в лаборатории кафедры материаловедения Технологического института легкой промышленности РГУ им. А.Н. Косыгина проводились опыты по рассмотрению различных волокон, а также нетканых материалов, под микроскопом.

Полученные изображения оказались малоинформативными. При рассмотрении внутренней структуры волокон шерсти, было обнаружено, что расположения растительных клеток имеют интересную закономерность, составляющие в совокупности отдельные оригинальные формы структуры орнамента, которые необычайно интересны как творческий источник, который можно применять при разработке новых моделей.

Далее проводился поиск макро-изображений поперечных срезов растений. Наиболее интересными по структуре оказались изображения срезов стебля кукурузы, что отвечает поставленной задаче, так как материал, применимый в 3D печати, PLA-пластик, изготавливается из кукурузного крахмала.

Характерный узор расположения клеток при сильном увеличении был отрисован вручную, после чего отсканирован и переведен в векторный формат для возможности переноса в трехмерный.

На основе выбранного творческого источника, были зарисованы элементы костюма, результате чего при разработке коллекции было отрисовано вручную 24 эскиза.

Модели представлены как с использованием тканых материалов, так и без. В последнем случае целесообразно использование подкладки для наибольшего комфорта в процессе носки.

Для разработки изделия и изготовления его в материале выбран эскиз платья, планируемого изготовить из пластика. Данная модель соответствует идее создания изделия, свойства которого по физическим показателям превосходят свойства тканых материалов. А именно, наибольшая жесткость и формоустойчивость, чтобы в процессе носки изделие не подвергалось деформации и сохраняло первоначально заданную форму.

В результате проведенного исследования был разработан алгоритм поиска новых модельных решений.

Начальным этапом является выбор произвольного источника, после чего происходит его визуальная оценка и проверка на наличие интересных форм, при их отсутствии необходимо вернуться в начало алгоритма. Если предыдущий пункт выполняется, продолжаем поиск силуэтных форм, который подразделяется на два направления: отдельное изделие или модель-образ и поиск фактурных или орнаментальных ассоциаций.

При наличии одного из пунктов двух направлений, приступаем к проработке эскиза модели в линейном варианте, поиску цветовой гамме и переходим к итоговому эскизу.

## **Результаты и обсуждение**

Сканирование производится 3д-сканером Artec 3D Eva, принцип работы которого основан на измерении расстояния от источника света (размещенного в сканере) до сканируемого объекта. По своей сути любой трехмерный сканер-это дальномер с более сложным устройством.

Данные о форме и строении изучаемого объекта сразу передаются в компьютер, где происходит их обработка и накопление в виде модели, выстраивающейся «на лету». Дальномер 3д-сканера способен производить несколько сотен измерений в секунду. Сканер Artec 3D Eva сканирует поверхность предмета с точностью до 0,1 мм. Объем отсканированной модели составляет 1 Мб, что не загружает память и не требует специальных устройств.

Отсканированная поверхность тела модели имеет мелкие дефекты (стыки деталей одежды, в которых сканируется фигура и стыки краев одежды и поверхности тела человека, например, вырез горловины). Чтобы исключить или минимизировать дефекты при переходе от этапа сканирования к работе с основой-моделью, необходимо использовать бесшовную одежду для оптимального облегания.

При наличии дефектов многополигональной поверхности производится её корректировка, путем сглаживания случайных поверхностных искажений. Если естественный рельеф поверхности в некоторых местах имеет настолько большой перепад уровней формы, то производится вырезание фрагмента, который доставит неудобства в процессе дальнейшего моделирования. По выделенному контуру наращиваются новые усредненные заполняющие плоскости.

Так, мы получаем трехмерную основу-модель человеческого тела, на которое будут разрабатываться последующие изделия.

Сохраняем её копию, как базовую для работы с дальнейшими формами.

Первоначально основа-модель имеет заполненную замкнутую поверхность сложной формы, которая становится полый для возможности дальнейшего корректирования. Оператор в программе позволяет изменить толщину, задать приращение толщины вовнутрь или наружу в зависимости от требуемых характеристик. В нашем случае толщина стенок основы-модели стремится к нулю, для удобства нанесения модельных особенностей. В дальнейшем она будет увеличена вариативно в зависимости от конкретно-заданных параметров.

Исключая у основы-модели неиспользуемые в дальнейшем части, мы получаем заготовку (рисунок 1) для последующей обработки с целью моделирования особенностей поверхностей будущего изделия.

На примере работы с выбранным эскизом, мы оставляем торсовую часть без левого плеча по линии от левой проймы до точки основания шеи сбоку с правой стороны фигуры, опорную плечевую поверхность правой стороны фигуры и ½ плечевой части руки до линии талии.

В процессе моделирования создается шаблон-форма, затем происходит процесс модификаций и трансформаций пространственной модели. Моделирование может включать в себя большой ряд операторов для изменения формы модели различными методами: «вырезания», «выдавливания» и др.

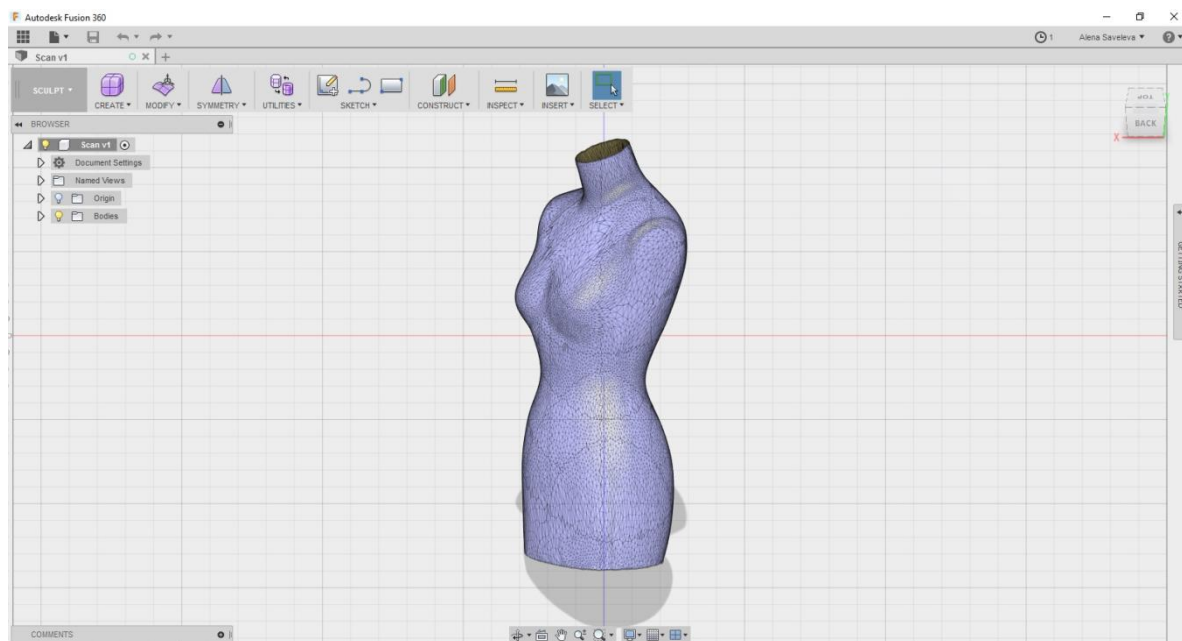


Рисунок 1 – Трехмерная модель фигуры человека

Так мы получаем 3д-модель будущего изделия без каких-либо предварительных конструкторских операций и поиска конструктивных линий, конфигураций. Это является положительным моментом, сокращающим время разработки на уточнении конструктивных линий, различных этапов моделирования, примерках. И существует возможность создания дальнейших разверток.

В коллекциях одежды, таких как разрабатываемая в данной работе, присутствуют изделия различных силуэтов, некоторые части моделей прилегают к опорным поверхностям фигуры, другие же части располагаются свободно около фигуры, имеют свободный силуэт.

После завершения поиска формы, мы проводим работу с особенностями поверхности. Рендеринг представляет собой расчет светового отражения от объектов (пространственных полигональных моделей и текстур), то есть визуализация 3д-модели.

Сегменты полигональной поверхности в своей совокупности повторяют изгибы модели тела человека, сглаживая поверхности.

После создания нижней части платья на основе усеченного конуса с основанием в форме эллипса происходит сочленение двух поверхностей – верхней торсовой и нижней конусообразной формы.

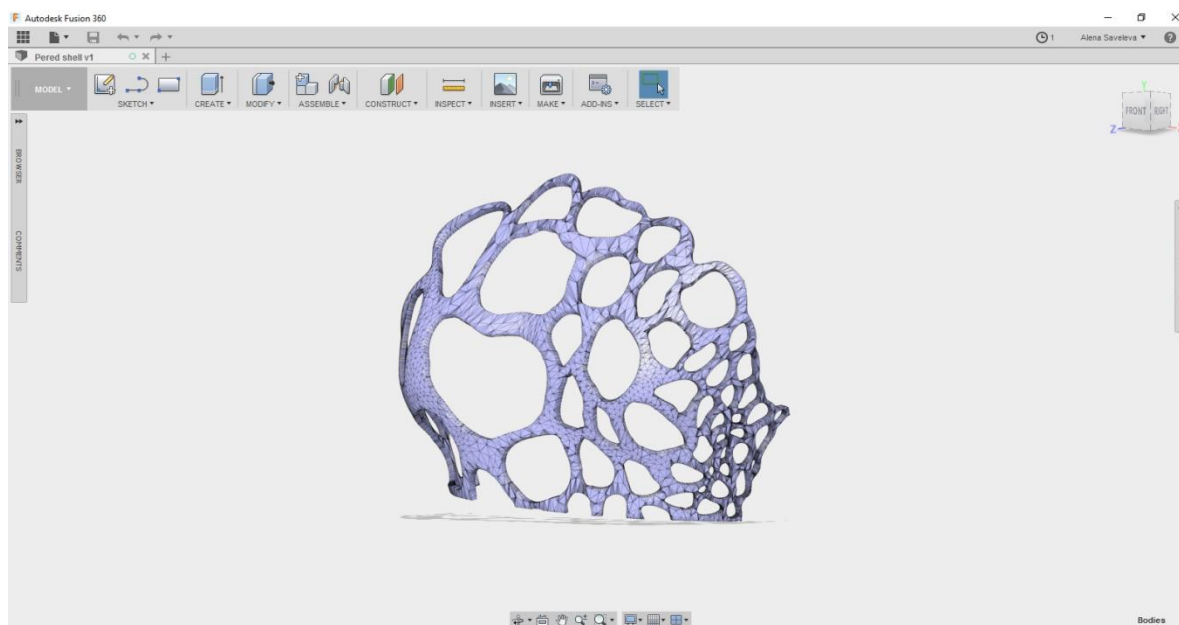


Рисунок 2 – Смоделированная деталь верха

Изменение методов изготовления многих промышленных изделий привело к применению такого инновационного метода, как 3D-печать. Использование данного метода в производстве одежды позволит применить новые материалы, что снизит себестоимость будущего изделия и повысит качество, улучшив потребительские показатели.



Рисунок 3 – Процесс трехмерной печати: а) на компьютере;  
б) в печатной области принтера

Печать каждой части изделия производилась по отдельности. После соединения частей изделие окрашено алкидной эмалью в соответствии с эскизом.

Изделие имеет сложную структуру, состоит из верхней части, обтекаемой корсетной формы, и нижней, более динамичной и рельефной, структурные линии которой расположены под разными углами. Каркас изделия состоит из множества звеньев (рисунок 4).



Рисунок 4 – Готовый образец в материале: вид спереди, вид сзади и сбоку

### **Заключение**

Работа над созданием опытного образца проводилась в несколько этапов. Начальный этап – выбор творческого источника, на основе которого создавался эскиз будущей модели платья. Следующий этап – формирование виртуального трехмерного образа модели. Заключительный этап – 3D-печать, соединение деталей и конечная обработка готового изделия.

Для изучения характерных особенностей процесса проектирования одежды с использованием 3D технологии осуществлена разработка дизайн-проекта женского платья и проанализированы этапы создания изделия путем 3D-печати.

Создавая изделие посредством 3D-моделирования, мы «увековечиваем его», имея возможность в любой момент воспроизвести модель в материале.

Данное исследование имеет практическое значение при реализации работы по проектированию изделий с применением 3D технологий. Образец, выполненный в материале, будет использован как выставочный образец, так и для показов на подиуме.

### ***Библиографический список***

1. Гетманцева В. В. Интеллектуализация начальных этапов проектирования моделей одежды / В. В. Гетманцева, Е. Ю. Струневич, Е. Г. Андреева //

- Дизайн и технологии. – 2008. – № 9 (51). – С. 66–71.
2. Гетманцева В. В. Обобщенная модель процесса параметрического проектирования одежды / В. В. Гетманцева, Е. Г. Андреева // Современные задачи инженерных наук : материалы Междунар. науч.-техн. симп. (Москва, 11–12 окт. 2017 г.). – Москва, 2017. – С. 86–90.
  3. Гетманцева В. В. Разработка методов интеллектуализации процесса автоматизированного проектирования женской одежды : 05.19.04/ В. В. Гетманцева : дис. ... канд. техн. наук / Моск. гос. ун-т дизайна и технологии. – Москва, 2006. – 168 с.
  4. Мурашова Н. Г. Этапы разработки метода автоматизированного проектирования декоративных деталей одежды с элементами интеллектуализации / Н. Г. Мурашова, В. В. Гетманцева, Е. Г. Андреева // Дизайн. Материалы. Технология. – 2011. – № 1 (16). – С. 95–99.
  5. Средства разработки САПР одежды с учётом 3D-специфики / М. С. Бояров [и др.] // Дизайн и технологии. – 2011. – № 22 (64). – С. 39–42.